

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-6127

(P2001-6127A)

(43) 公開日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

2 G 0 1 7

G 0 1 R 33/09

H 0 1 L 43/08

Z 5 D 0 3 4

H 0 1 L 43/08

G 0 1 R 33/06

R

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-171869

(22) 出願日 平成11年6月18日 (1999.6.18)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 レドン オリビエ

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 島沢 幸司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100098006

弁理士 皿田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるよう高いヘッド出力が得られるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。さらにはバイアス手段の選択のフレキシビリティに優れたトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向（バイアス磁界印加方向）の長さは、前記強磁性ピンド層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ピンド層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えるように配置される。

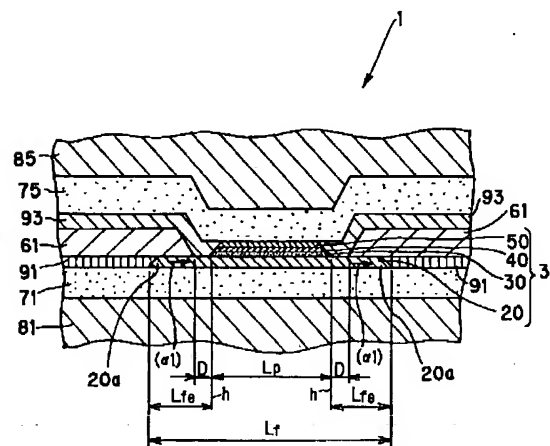


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ビンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記強磁性フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向（バイアス磁界印加方向）の長さは、前記強磁性ビンド層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ビンド層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えるように配置されることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】 前記強磁性フリー層の長手方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、前記強磁性フリー層の両端部に存在する拡張部位の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ビンド層の長手方向端部から一定のスペースDを確保して形成されることを特徴とする請求項1に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】 前記一定のスペースDは、TMR変化率特性を実質的に低下させない程度の長さとする請求項2に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項4】 前記一定のスペースDは、 $0.02\mu\text{m}$ 以上である請求項3に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】 前記一定のスペースDは、 $0.02\mu\text{m}$ 以上～ $0.3\mu\text{m}$ 以下である請求項3に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項6】 前記一定のスペースDは、 $0.02\mu\text{m}$ 以上～ $0.15\mu\text{m}$ 未満である請求項3に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】 前記強磁性フリー層の厚さは、 $20\sim500\text{\AA}$ の範囲に設定される請求項1ないし請求項6のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項8】 前記トンネル多層膜は、その多層膜検出端面がABS (AirBearing Surface) を構成してなる請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】 前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) である請求項1ないし請求項8のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項10】 前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と1ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される請求項1ないし請求項9のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】 前記強磁性ビンド層の磁化をピンニン

グするためのピン止め層が、前記強磁性ビンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなる請求項1ないし請求項10のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】 前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を挟むように対向配置された一对の電極と電氣的に接合されてなる請求項1ないし請求項11のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項13】 前記一对の電極を挟むように対向配置された一对のシールド層を備えてなる請求項12に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項14】 前記トンネル多層膜の長手方向両端部は、絶縁層で絶縁されている請求項1ないし請求項13のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体等の磁界強度を信号として読み取るためのトンネル磁気抵抗効果型ヘッド (Magnetoresistive tunnel Junction head) に関する。特に、斬新なバイアス手段のデザインを有し、超高密度記録に適用できるように出力の向上に加えてバイアス手段の選択のフレキシビリティに優れたトンネル磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magnetoresistance: AMR) 効果あるいはスピンバルブ (Spin-Valve: SV) 効果に基づくMRセンサは、磁気記録の読み出しトランスデューサとして良く知られている。MRセンサは、磁気材料からなる読み出し部の抵抗変化で、記録媒体に記録された信号の変化を検出することができる。AMRセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は低く、 $1\sim3\%$ 程度である。これに対して、SVセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は $2\sim7\%$ 程度と高い。このように高い感度を示すSV磁気読み出しヘッドは、AMR読み出しヘッドに取って代わり、非常に高い記録密度、例えば、数ギガビット/インチ² (Gbits/in²) の記録密度の読み出しを可能としている。

【0003】近年、さらに超高密度記録に対応できる可能性を秘めた新しいMRセンサが、注目を浴びている。すなわち、トンネル磁気抵抗効果接合 (Magnetoresistive tunnel Junctions: MRTJあるいはTMRとも呼ばれ、これらは同義である) においては、 12% 以上の抵抗変化率 $\Delta R/R$ を示すことが報告されている。このようなTMRセンサは、SVセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、TMRセンサそのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す、いわゆるCPP (Current Perpendicular to the Plane) 幾何学的構造をとるために

従来提案されていない新しいヘッド構造の設計(design)が要求されている。

【0004】ところで、すでに実用化の目処が立っているSVセンサに関しては、例えばU.S.P. 5,159,513に記載されているように、2つの強磁性層が一つの非磁性層を介して形成されている構造を有する。交換層(FeMn)は、さらに一つの強磁性層に隣接して形成される。交換層とこれに隣接して形成される強磁性層は、交換結合され、強磁性層の磁化は、一方向に強くピン止めされる。この一方で、他の強磁性層における磁化は、小さな外部磁場に応答して自由に回転することができるようになっている。そして、2つの強磁性層の磁化が平行から反平行に変化する時、センサの抵抗は増大して、抵抗変化率 $\Delta R/R$ は2~7%程度となる。

【0005】このようなSVセンサ構造とTMRセンサ構造を比べた場合、TMRセンサ構造は、SVセンサ構造の非磁性金属層を絶縁層であるトンネルバリア層に置き換えた点、およびセンス電流を強磁性層の膜面に垂直方法に流す点、を除いては、極めて類似の構造を取っている。TMRセンサにおいて、トンネルバリア層を介して流れるセンス電流は、2つの強磁性層のスピンの極状態に左右され、2つの強磁性層の磁化が反平行の場合、トンネル電流の確率は低くなり、高い接合抵抗(high junction resistance)が得られる。これとは反対に、2つの強磁性層の磁化が平行の場合、トンネル電流の確率は高くなり、低い接合抵抗(low junction resistance)が得られる。

【0006】U.S.P. 5,729,410にはTMRセンサ(素子)を磁気ヘッド構造に応用した例が記載されている。TMRセンサは2つの平行に対向する電極によりサンドイッチされており、さらにこのような電極は、第1および第2の絶縁ギャップ層によりサンドイッチされ、読み取りギャップが形成されている。一对のパーマネントマグネットは、フリー層の単磁区構造を確実なものとしてバルクハウゼンノイズの発生を抑制するために形成される。この場合、一对のパーマネントマグネットとTMRセンサ部との接触をさけ、絶縁バリアの電気的ショートを防止するための注意が喚起されている。

【0007】しかしながらこのようなU.S.P. 5,729,410に提案されているTMRヘッド構造における問題点として、パーマネントマグネットとフリー層とは一定距離の間隔を隔て互いに形成されているためにバイアス効果が減少してしまう点、および、バイアス手段とフリー層との間の磁気分離によるパーマネントマグネットへのバイアス手段に制限がある点が挙げられる。

【0008】このような問題を解決するための一つのヘッド構成の設計の試みが本発明者らによって行なわれた。その一つのヘッド構成の断面図が図6に示される。図6に示されるTMRヘッド100は、強磁性フリー層120、トンネルバリア層130、強磁性ピン層140、反強磁性ピン止め層150の積層体からなるTMR素子200を備えており、その素子の両端(図面の左右側)には絶縁層191、191がそれぞれ形成されている。強磁性ピン層140は、その磁化が反強磁性ピン止め層150により、一方向(紙面の奥方向)に固定されており、強磁性フリー層120はその磁化が外部信号磁界に応じてフリーに回転できるようになっている。

【0009】さらに、TMR素子200の上部に位置する強磁性フリー層120の両端上部面には、それぞれ、バイアス磁界を矢印(α)方向に印加するための例えばパーマネントマグネットからなるバイアス層161、161が形成されている。従って、強磁性フリー層120の上部面とバイアス層161が接触している個所では交換結合磁界により強磁性フリー層120の磁化は矢印(α)方向にピン止めされている。なお、図6において、符号171、175は、上下一対の電極を、符号181、185は上下一対のシールド層を示している。

【0010】図6に示されるようなヘッド構造を採用することにより、前記U.S.P. 5,729,410で生じ得るような問題点は解消できた。しかしながら、図6に示されるヘッド構造では、以下に示すような新たな問題が生じることが本発明者らによって確認された。

【0011】すなわち、本来、TMR効果は、トンネルバリア層を挟む一对の強磁性層間(強磁性ピン層と強磁性フリー層間)の積層方向に電流を流す場合に、両方の強磁性層間における互いの磁化の相対角度に依存してトンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化する現象である。この場合のトンネルバリア層は、薄い絶縁膜であって、トンネル磁気抵抗効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。従って、図5(A)に示されるように、強磁性ピン層と強磁性フリー層の両強磁性層間における互いの磁化の方向が平行であれば、トンネル確率は高くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は小さくなる(抵抗値 R_p)。これとは逆に、図5(C)に示されるように両強磁性層間における互いの磁化の方向が反平行であればトンネル確率は低くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は大きくなる(抵抗値 R_{ap})。図5(A)に示される状態と、図5(C)に示される状態とのちょうど中間の状態、すなわち、両強磁性層間における互いの磁化の方向が直交する場合における抵抗値 R_m は、上記抵抗値 R_p と抵抗値 R_{ap} の間の値をとり、これら3つの抵抗値は $R_p < R_m < R_{ap}$ の関係を満たす。

【0012】このような基本的な現象を基に、図6に示されるヘッド構造における強磁性ピン層と強磁性フリー層間では、図7に示されるような好ましくない現象が生じることが本発明者らの実験により判明した。すなわち、図7(A)に示されるように基本的に強磁性ピン層140とフリー層120との磁化方向が平行の場合、フリー層120の両端部120a、120aは、上述し

5

たようにバイアス層との交換結合により矢印(α)方向に磁化が固定されている。このような状態でセンス電流 i を積層方向に流した場合、電流は、磁化が平行となり抵抗の小さな膜面中央部を中心として流れる。この時の全体の抵抗値を R_p とする。この一方で、図7(B)に示されるように基本的に強磁性ピン層140とフリー層120との磁化方向が反平行の場合、(この場合もやはりフリー層120の両端部120a, 120aは、上述したようにバイアス層との交換結合により矢印(α)方向に磁化が固定されている)センス電流 i を積層方向に流すと、電流は、本来流れてほしい膜面中央部の反平行部分をメインに流れず、両端の抵抗の低い部分をメインに枝分かれして流れる(電流 i_s , i_s)。図7(B)における全体の抵抗値を R_{ap} とする。

【0013】図7(B)の状態から図7(A)の状態への移行に伴う際の抵抗変化率 $((R_{ap} - R_p) / R_p)$ は、本来の図5(C)の状態から図5(A)の状態への移行に伴う際の抵抗変化率 $((R_{ap} - R_p) / R_p)$ に比べて小さくなり、その結果、TMR変化率がかなり低下してしまうという重大な問題が生じることがわかった。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような実状のものに創案されたものであって、その目的は、上記従来の問題点、すなわち、本来流れてほしい膜面中央部の反平行部分をメインに流れず、両端の抵抗の低い部分をメインに枝分かれして流れる現象(この現象を本発明者らは、「extra current channel effect」あるいは「three current channel effect」と呼んでいる)を防止し、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるよう高いヘッド出力が得られるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。さらにはバイアス手段の選択のフレキシビリティに優れたトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピン層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向(バイアス磁界印加方向)の長さは、前記強磁性ピン層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ピン層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えなように配置されて構成される。

【0016】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の長手方向両端部にそれぞれ接続配置さ

6

れるバイアス付与手段は、前記強磁性フリー層の両端部に存在する拡張部位の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ピン層の長手方向端部から一定のスペース D を確保して形成される。

【0017】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース D は、TMR変化率特性を実質的に低下させない程度の長さとなる。

【0018】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース D は、 $0.02\mu\text{m}$ 以上となるように構成される。

【0019】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース D は、 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.3\mu\text{m}$ 以下となるように構成される。

【0020】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース D は、 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.15\mu\text{m}$ 未満となるように構成される。

【0021】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の厚さは、 $20\sim 500\text{\AA}$ の範囲に設定される。

【0022】また、本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜は、その多層膜検出端面がABS(Air Bearing Surface)を構成するように形成される。

【0023】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石(synthetic ferrimagnet)から構成される。

【0024】また、本発明の好ましい態様として、前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と1ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される。

【0025】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピン層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ピン層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなるように構成される。

【0026】また、本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を挟むように対向配置された一対の電極と電気的に接合されてなるように構成される。

【0027】また、本発明の好ましい態様として、前記一対の電極を挟むように対向配置された一対のシールド層を備えてなるように構成される。

【0028】また、本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜の長手方向両端部は、絶縁層で絶縁されるように構成される。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0030】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド1(以下、単に「TMRヘッド1」と称す)の好適な一例を示す断面図である。この断面図は磁気情報である外部磁場を発する記録媒体と実質的に対向するよう

10

20

30

40

50

に配置される面 (ABS: Air Bearing Surface) に相当する。

【0031】この実施の形態において、TMRヘッド1は、スピントネル磁気抵抗効果を示すトンネル多層膜3を備えている。すなわち、トンネル多層膜3は、トンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ビンド層40が積層された多層膜構造を有している。強磁性フリー層20は、基本的に磁気情報である外部磁場に応答して自由(フリー)に磁化の向きが変えられるように作用する。また、強磁性ビンド層40は、その磁化方向が、すべて一定方向を向くようにピン止めされている(図1の場合ピン止めされる磁化の方向は紙面の奥行き方向)。そのため、通常、図1に示されるように強磁性ビンド層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50が、前記強磁性ビンド層40のトンネルバリア層30と接する側と反対の面に積層される。

【0032】このようなトンネル多層膜3は、その多層膜検出端面がABS (Air Bearing Surface) を構成してなるようにすることが望ましい。すなわち、トンネル多層膜3を構成するトンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ビンド層40のそれぞれの検出側端面が同一ヘッド先端面を構成するように露出するようにすることが望ましい。このような構成とすることにより、例えば、強磁性フリー層20の端面のみをヘッド先端面に覗かせた構成と比べて、トンネル効果のロスが少なくなり、大きなTMR変化率が得られる。

【0033】本発明における前記強磁性フリー層20は、図1に示されるようにその長手方向(紙面の左右方向)両端部にそれぞれ積層され接続配置されたバイアス付与手段61、61によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界(例えば矢印(α 1)方向)が印加されるようになっている。

【0034】当該強磁性フリー層20の長手方向(バイアス磁界印加方向と実質的に同じ)の長さ L_f は、前記強磁性ビンド層40の長手方向長さ L_p よりも大きく設定される。強磁性フリー層20は、その長さ L_f が強磁性ビンド層40の長さ L_p よりも長い分だけ、その両端部に、強磁性ビンド層40の長手方向両端部位置(ラインhの引き出し線で表示される)よりもさらに延長された拡張部位20aをそれぞれ備えなるように配置される。この拡張部位20aは、その長さが L_{fe} で表示され、強磁性フリー層20の一部分を占めている。つまり、拡張部位20aは強磁性ビンド層40端部からのみ出し長さ部分と同義である。

【0035】強磁性フリー層20の長手方向の長さ L_f は、0.5~20 μ m程度とされる。また、強磁性ビンド層40の長手方向長さ L_p との関係で規定される強磁性ビンド層40の拡張部位20aの長さ L_{fe} は、0.1

~5 μ m程度とされる。

【0036】このような強磁性フリー層20の両端の拡張部位21に、バイアス付与手段61、61が積層状態で接続される。バイアス付与手段61、61が積層された部分は、拡張部位21と交換結合され、磁化方向は矢印(α 1)方向に固着される。バイアス付与手段61、61は、それぞれ、図1に示されるように前記強磁性ビンド層40の長手方向両端部からそれぞれ一定のスペースDを確保して形成されている。

10 【0037】このような一定のスペースDは、上記本発明者らが見出した従来の問題点である「extra current channel effect」あるいは「three current channel effect」の影響を防止し、TMR変化率を低下させないために必要なスペースである。このDの値はヘッドの設計仕様を決定する際に、TMR変化率特性を実質的に低下させない程度の長さとして必要である。具体的な数値は、ヘッド仕様、例えば、用いる構成部材の材質や、寸法設定等により適宜設定することが望ましい。特に、より好ましい態様として実験的に見出された数値を挙げるならば、前記一定のスペースDは、0.02 μ m以上、特に、0.02 μ m以上0.3 μ m以下の範囲、さらには0.02 μ m以上0.15 μ m未満の範囲

(0.15 μ mを含まない)とすることが好ましい。このDの値が、0.02 μ m未満となると、いわゆる上記の「extra current channel effect」現象が生じてTMR変化率が低下する傾向にある。この一方で、このD値が大きくなり過ぎて、0.3 μ mを超えると、有効トラック幅が広がってしまい高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。有効トラック幅を特に重点的に考慮するとD値は0.02 μ m以上0.15 μ m未満の範囲(0.15 μ mを含まない)とすることが好ましい

30 【0038】また、本発明における前記強磁性フリー層20の厚さは、20~500Å、好ましくは、40~300Å、より好ましくは60~200Åの範囲に設定される。この厚さが、20Å未満となると、前記強磁性フリー層20の長さ方向の長さ L_f を十分な大きさとして成膜技術上、困難になる。また、この厚さが500Åを超えると、強磁性フリー層内部の特性のばらつきにより、電子分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

40 【0039】図1に例示されたTMRヘッド1全体の構成を簡単に説明しておくと、トンネル多層膜3は、当該トンネル多層膜3を図面の上下方向で挟むように対向配置された一対の電極71、75と電気的に接合されている。さらに当該一対の電極71、75を図面の上下方向で挟むように一対のシールド層81、85が形成され、ギャップ長さが規定される。また、本実施の形態においては、強磁性フリー層20の両端部外方には、図示のごとく絶縁層91、91が形成される。さらに、バイアス

付与手段61、61の上にも絶縁層93、93が形成され、この絶縁層93、93は前記スペースDの部分にも入り込んでいる。これにより、バイアス付与手段61、61とトンネルバリア層30の絶縁が確実に行なわれるようになっている。

【0040】強磁性フリー層20や強磁性ピン層40を構成する材質は、高いTMR変化量が得られるように高スピン分極材料が好ましく、例えば、Fe、Co、Ni、FeCo、NiFe、CoZrNb、FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。強磁性フリー層20の膜厚は、20～500Å、好ましくは60～200Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ヘッド動作時の出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。強磁性ピン層40の膜厚は、10～100Å、好ましくは20～50Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層50による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0041】強磁性ピン層40の磁化をピン止めするピン止め層50は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、60～200Å程度とされる。

【0042】ここで、強磁性トンネル磁気抵抗効果について図1および図5を参照しつつ簡単に説明しておく。強磁性トンネル磁気抵抗効果とは、図1に示されるようにトンネルバリア層30を挟む一対の強磁性層20、40間の積層方向に電流を流す場合に、両方の強磁性層20、40間における互いの磁化の相対角度に依存してトンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化する現象をいう。この場合のトンネルバリア層30は、薄い絶縁膜であって、トンネル磁気抵抗効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。図5(A)に示されるように両強磁性層20、40間における互いの磁化が平行である場合（あるいは互いの磁化の相対角度が小さい場合）、電子のトンネル確率は高くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は小さくなる。これとは逆に、図5(C)に示されるように両強磁性層20、40間における互いの磁化が反平行である場合（あるいは互いの磁化の相対角度が大きい場合）、電子のトンネル確率は低くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は大きくなる。このような磁化の相対角度の変化に基づく抵抗変化を利用して、例えば外部磁場の検出動作が行われる。

【0043】2つの強磁性層20、40によって挟まれるトンネルバリア層30は、 Al_2O_3 、 NiO 、 GdO 、 MgO 、 Ta_2O_5 、 MoO_2 、 TiO_2 、 WO_2 等から構成される。トンネルバリア層30の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれて

しまい好ましくない。一般には、5～20Å程度とされる。

【0044】本発明において、強磁性フリー層20を、例えば、図3に示されるようなNiFe層21（厚さ20Å）/Ru層22（厚さ7Å）/NiFe層23（厚さ25Å）の3層積層体で例示される合成フェリ磁石(synthetic ferrimagnet)とすることも好ましい態様の一つである。この場合には、上下のNiFe層21およびNiFe層23の磁化方向21aおよび23aはそれぞれ、互いに逆方向となっている。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的なフリー層の厚さを薄く設定することができるため、磁場感度が向上し、ヘッド出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は、前記強磁性ピン層40にも適用できる。

【0045】図2には、図1に示されるTMR磁気ヘッド構造の変形例が示される。図2に示されるTMR磁気ヘッド2の構造が、図1に示されるそれと基本的に異なる点は、バイアス付与手段61、61の配置である。すなわち、図2に示されるバイアス付与手段61、61は、強磁性フリー層20の両端部下側に配置されている。このような図2に示される実施の形態においても、強磁性フリー層20と、強磁性ピン層40と、バイアス付与手段61、61との設計仕様は上記図1の場合と同様な要件を満たす必要がある。なお、図2において、バイアス付与手段61、61の配置換えに伴い、絶縁層の配置も変更されている。

【0046】

【実施例】上述してきたトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの発明を、以下に示す具体的実施例によりさらに詳細に説明する。

【0047】（実験例I）

【0048】図1に示されるヘッド構造と同様な構造を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドのサンプルを作製した。すなわち、NiFe（厚さ100Å）とCo（厚さ20Å）の2層積層体からなる強磁性フリー層20、トンネルバリア層30（酸化アルミニウム；厚さ12Å）、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ピン層40（Co；厚さ30Å）、強磁性層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50（RuRhMn；厚さ100Å）からなるトンネル多層膜3を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。なお、トンネル多層膜3に電流を流すための電極71、75はTa（厚さ300Å）から構成し、磁気シールド層81、85はパーマロイから構成した。強磁性フリー層20の長手方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマントマグネット61、61がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段61、61によって、強磁性フリー層20の長手方向にバイアス磁界（例えば矢印（α1）方向）を印加した。このオーバーラッピングされた部分の接合距離は、0.5μmとし、

スペース値Dは、 $0.02\mu\text{m}$ とした。また、図1における L_p 値は、 $0.5\mu\text{m}$ 、 L_r 値は、 $1.5\mu\text{m}$ とした。なお、絶縁層91、91および絶縁層93、93の形態は図1に示される形態と同じにして、アルミナ材料から形成した。

【0049】このような本発明サンプルとの比較のため、図6に示されるような比較例サンプルとしての磁気ヘッドを作製した。すなわち、NiFe（厚さ100Å）とCo（厚さ20Å）の2層積層体からなる強磁性フリー層120、トンネルバリア層130（酸化アルミニウム；厚さ12Å）、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ピン層140（Co；厚さ30Å）、強磁性層140の磁化をピンニングするためのピン止め層150（RuRhMn；厚さ100Å）からなるトンネル多層膜200を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。トンネル多層膜200に電流を流すための電極171、175はTa（厚さ50Å）から構成し、磁気シールド層181、185はパーマロイから構成した。強磁性フリー層120の長手方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマントマグネット161、161がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段161、161によって、強磁性フリー層120の長手方向にバイアス磁界（例えば矢印（α）方向）を印加した。このオーバーラ

$$\text{TMR変化率}(\%) = (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) / R_{\text{min}} \times 100 \quad \cdots \text{式}(1)$$

【0054】図4に示めされるグラフにおいて、実際に使用される（practical use）バイアス磁界は500e程度までの範囲であり、例えば500eでのTMR変化率を比較すると、本発明では8%程度の減少になっているのに対し、比較例サンプルでは、31%もの減少となっているのがわかる。従って、比較例サンプルは特性上、極めて不利な形態を持ち、好ましくない。

【0055】（実験例II）

【0056】図1に示されるヘッド構造と同様な構造を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドのサンプルを作製した。すなわち、NiFe（厚さ100Å）とCo（厚さ20Å）の2層積層体からなる強磁性フリー層20、トンネルバリア層30（酸化アルミニウム；厚さ12Å）、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ピン層40（Co；厚さ30Å）、強磁性層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50（RuRhMn；厚さ100Å）からなるトンネル多層膜3を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。なお、トンネル多層膜3に電流を流すための電極71、75はTa（厚さ30Å）から構成し、磁気シールド層81、85はパーマロイから構成した。強磁性フリー層20の長手方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマントマグネット61、61がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段61、61によって、強磁性フリー層20の長手方向にバイアス磁界※50

※ッピングされた部分の接合距離は、 $0.1\mu\text{m}$ とした。

図6の比較例サンプルにおける強磁性フリー層120のバイアス方向長さは、強磁性ピン層140のそれと比べ実質的に等しいかあるいは僅かに短い。図6におけるa/b比は0.125とした。

【0050】上記の基本構造を有する本発明サンプルと、比較例サンプルについて、さらに、バイアス付与手段として、CoPtからなるパーマントマグネットの厚さを変えたサンプルを種々作製し、バイアス磁界を-1500eから+1500eの範囲に変えて、このバイアス磁界に対するTMR変化率を求め、バイアス磁界ゼロの場合のTMR変化率を基準にしてこれとの比で相対TMRを算出し、これらの関係を図4のグラフに示した。なお、算出データとなるTMR変化率（TMR ratio）の測定方法は以下のとおり。

【0051】

（1）TMR変化率（TMR ratio）（%）

【0052】サンプルに印加される電圧がゼロ磁界で50mV程度となるように定電流を流し、±900（Oe）の磁界を印加した時の電圧の最小値から最小抵抗値 R_{min} を求め、また、電圧の最大値から最大抵抗値 R_{max} を求め、以下の算出式（1）からTMR変化率（%）を求めた。

【0053】

※（例えば矢印（α1）方向）を印加した。このオーバーラッピングされた部分の接合距離はそのままの値として、スペース値Dのみを種々変化させて、下記表1に示されるような種々のサンプルを作製した。なお、絶縁層91、91および絶縁層93、93の形態は図1に示される形態と同じにして、アルミナ材料から形成した。

【0057】これらの各種サンプルについて、（1）実効トラック幅 T_{Weff} 、および上記のTMR変化率（TMR ratio）を求めた。

【0058】（1）実効トラック幅 T_{Weff} （μm）

【0059】通常のAMRやGMRヘッドで用いられる定義と同じとした。すなわち、マイクロトラックプロファイルを測定し、その半値幅の値をとり、実効トラック幅 T_{Weff} （μm）とした。

【0060】これらの結果を下記表1に示した。

【0061】

【表1】

表 1

サンプル No.	スペースD (μm)	実行トラ ック幅 T_{weff} (μm)	TMR ratio (%)
II-1	0	0.4	14
II-2	0.01	0.4	16
II-3	0.02	0.42	18
II-4	0.05	0.44	18
II-5	0.1	0.48	18
II-6	0.13	0.50	18
II-7	0.15	0.52	18
II-8	0.2	0.56	18
II-9	0.3	0.64	18
II-10	0.4	0.72	18
II-11	0.5	0.8	18
II-12	0.6	0.88	18

【0062】表1に示される各サンプルのすべての強磁性フリー層20は、その長さ L_f が強磁性ピン層40の長さ L_p よりも長く、その両端部に、強磁性ピン層40の長手方向両端部位置（ラインhの引き出し線で表示される）よりもさらに延長された拡張部位20aをそれぞれ備えたサンプルである。

【0063】これらの中では、一定のスペースDの値を0.02 μm 以上とすることが望ましいことがわかる。D値が0.02 μm 未満となると、わずかではあるがTMR変化率が低下することがわかる。この一方で、TMR変化率のみを考慮すればD値の上限に定めはない。しかしながら、D値が0.3 μm を超えると、実効トラック幅 T_{weff} の値が大きくなり、特に、高密度記録に対応すべき狭トラック化の要求に応じることは困難になると思われる。より好ましくはD値が0.15 μm 未満である。

【0064】

【発明の効果】上記の結果より本発明の効果は明らかである。すなわち、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピン層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性

フリー層は、その長手方向両端部にそれぞれ接続配置されたバイアス付与手段によって、強磁性フリー層の長手方向にバイアス磁界が印加されており、当該強磁性フリー層の長手方向（バイアス磁界印加方向）の長さは、前記強磁性ピン層の長手方向長さよりも大きく設定され、該強磁性フリー層は、その両端部に、前記強磁性ピン層の長手方向両端部位置よりもさらに延長された拡張部位をそれぞれ備えなうように配置されているので、TMR変化率の低下がなく、超高密度記録に適用できるような高いヘッド出力が得られる。さらにはバイアス手段の選択のフレキシビリティも優れる。すなわち、材料面からすれば、ハード材料のみならず、反強磁性材料も選べるし、構造面においては、フリー層の下でも上でも任意の距離に配置でき、配置の自由度が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な一例を示す断面図である。

【図2】図2は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な他の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドに用いられる好適な強磁性フリー層の一例を説明するためのトンネル多層膜の断面図である。

【図4】図4は、強磁性フリー層に印加されるバイアス磁界と相対TMRとの関係を示すグラフである。

【図5】図5(A)～(C)は、本発明のトンネル磁気抵抗効果を説明するための模式的図面である。

【図6】図6は、従来例として認識されているトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの断面図である。

【図7】図7(A)および(B)は、従来例のヘッドの問題点を説明するための模式的図面である。

【符号の説明】

- 1, 2…トンネル磁気抵抗効果型ヘッド
- 3…トンネル多層膜
- 20…強磁性フリー層
- 30…トンネルバリア層
- 40…強磁性ピン層
- 50…ピン止め層
- 61, 61…バイアス付与手段
- 71, 75…電極(層)

【図3】

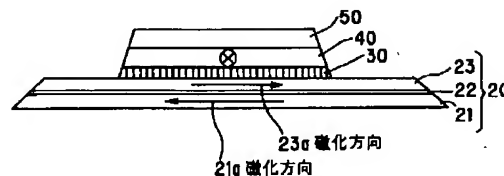


FIG. 3

【図1】

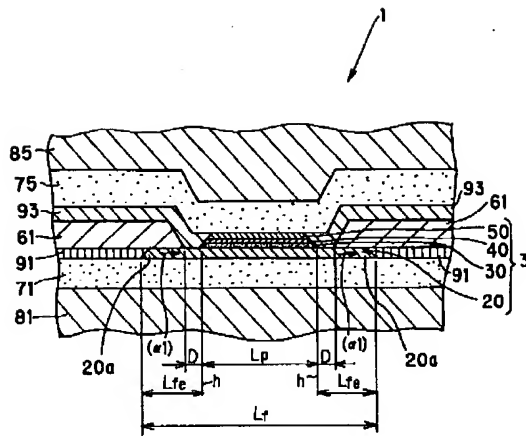


FIG. 1

【図2】

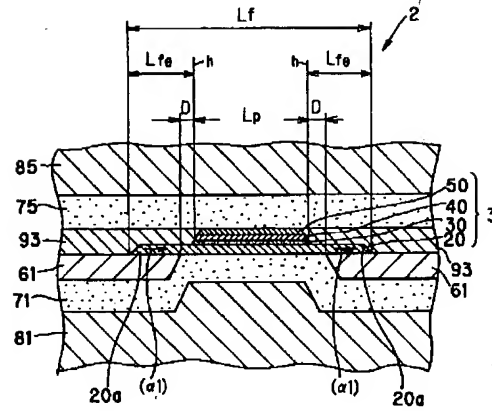


FIG. 2

【図4】

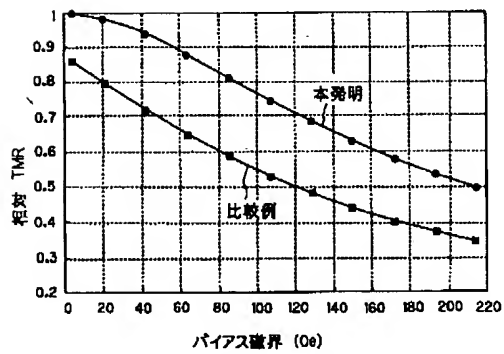


FIG. 4

【図5】

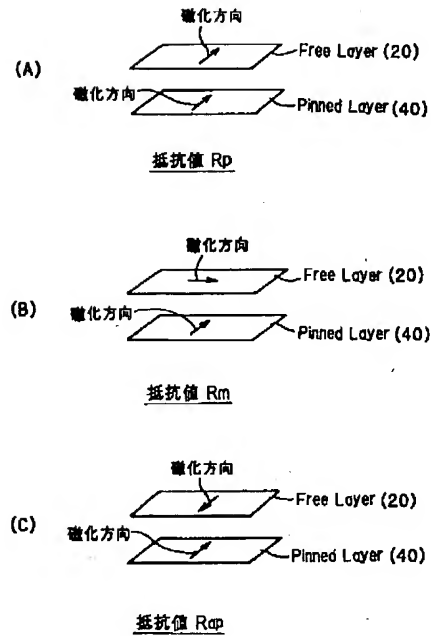
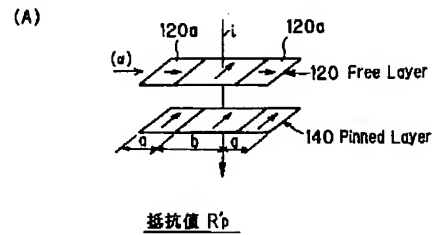


FIG. 5

【図7】

PRIOR ART



(B)

120a

i

120 Free Layer

140 Pinned Layer

is

(a)

抵抗値 R'_{ap}

FIG.7

(72)発明者 笠原 寛顕
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 荒木 悟
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内
Fターム(参考) 2G017 AA02 AA10
5D034 BA05 BA09 BA15 CA08